



## Estudo de Viabilidade Econômica do Concreto auto-adensável frente ao Concreto convencional

Carlos Calado<sup>1, a</sup>, Aires Camões<sup>2, b</sup>, Said Jalali<sup>2, c</sup>, Béda Barkokébas Jr<sup>1, d</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Pernambuco, Brasil

<sup>2</sup> CTAC, Universidade do Minho, Portugal

<sup>a</sup>carlos.calado@upe.br, <sup>b</sup>aires@civil.uminho.pt, <sup>c</sup>said@civil.uminho.pt, <sup>d</sup>beda.jr@upe.br

**Palavras-chave:** concreto auto-adensável; concreto convencional; viabilidade econômica.

### Resumo

A pesquisa buscou demonstrar a viabilidade econômica do CAA frente ao CC através do estudo de custo em laboratório de uma composição de CAA e uma de CC, representativas de composições aplicadas na região do Recife, com mesmo fck e igual a 40 MPa e mesma relação água/ligante de 0,45 (CAA-Lab e CC-Lab). Também se buscou estudar o custo de uma composição de CAA e outra de CC aplicadas em um caso real de obra inaugurada em 2013 (CAA-Obra e CC-Obra), com mesmo fck e igual a 40 MPa e mesma relação água/ligante de 0,40. Para estabelecimento do custo do m<sup>3</sup> consideraram-se três variáveis: materiais, fabricação e aplicação, para abranger todas as etapas produtivas. Os custos obtidos foram convertidos de Real para Euro por tratar-se de moeda estável de classe mundial.

Para materiais, o m<sup>3</sup> custou € 93,43 para CAA-Lab, € 97,86 para CAA-Obra, € 81,79 para CC-Lab e € 84,22 para CC-Obra. Fabricação, custo de € 10,63 para CAA-Lab e CC-Lab. Aplicação, € 6,59 para CAA-Lab e € 14,61 para CC-Lab. Custo total igual a € 110,65 para CAA-Lab e € 107,03 para CC-Lab. Considerando-se apenas os *materiais*, custo CAA-Lab 14,23% maior que CC-Lab. Para custo total, diferença reduzida para 3,38%. Nas composições da obra estudada, apenas materiais, custo maior de 16,20% para CAA-Obra frente a CC-Obra. Esses resultados demonstram a viabilidade econômica do CAA frente ao CC mesmo sem considerar ganhos indiretos a exemplo de redução no prazo de obras, ruídos e melhor saúde do trabalhador, dentre outros.

### 1. Introdução

A maior aplicação de CAA em lugar de CC deve atender aos aspectos de viabilidade técnica e econômica. Para a viabilidade técnica a análise deve levar em consideração os concretos no estado fresco, trabalhabilidade, e no estado endurecido, resistência e durabilidade. Os estudos já desenvolvidos e publicados bem demonstram a viabilidade técnica de aplicação do CAA em lugar do CC (Calado *et al.*, 2015). No entanto, percebe-se que a demonstração da viabilidade econômica do CAA frente ao CC ainda necessita de melhor entendimento dos parâmetros avaliativos. Considera-se normalmente o comparativo de custo entre os dois concretos, de composições similares, considerando apenas o custo dos materiais aplicados nas composições para obtenção de um m<sup>3</sup> de concreto. No entanto, existem ainda dois outros grupos de custos que devem objetivamente ser levados em consideração para permitir comparativo mais real de custo entre o CAA e CC. Trata-se do custo de fabricação incluindo transporte, bem como o custo de lançamento e adensamento.

Sabe-se que outros componentes de custos podem afetar a viabilidade econômica entre CAA e CC, eventualmente favoráveis ou desfavoráveis a um dos dois concretos analisados. O CAA consome menos energia, como demonstrado por estudo, em que foi obtido o consumo de 0,642 GWh para CAA e 1,600 GWh para CC, o que representa um ganho anual de 60% de consumo de energia ao usar CAA em lugar de CC (De Schutter, 2013); a utilização do CAA permite redução de prazos de conclusão como demonstrado na obra da Arena Pernambuco (Calado *et al.*, 2015); redução de ruídos por conta da eliminação dos vibradores, repercutindo na saúde dos trabalhadores; maiores exigências para as formas devido às maiores pressões laterais exercidas pelo CAA (Torgal e Jalali, 2010; Khayat e Omran, 2011; Silva e Brito, 2010; Kawashima *et al.*, 2013; Mc Carthy e Silfwerbrand, 2010).

Dal Molin *et al.* (2012), realizaram análise técnica e econômica de diversas composições de CAA e CC levando em consideração, não apenas os custos dos materiais constituintes, mas relacionando-os às diferentes resistências aos 28 dias. Concluíram que o CC apresentou menor custo/MPa em relação ao CAA para resistências de 30 MPa e 35 MPa; custo/MPa equivalente para resistência de 40 MPa; maior custo/MPa para resistências superiores, a exemplo de 45 MPa e 50 MPa. Tutikian (2007) realizou estudo comparativo de CAA e CC em indústria de pré-fabricados de concreto, ambos os concretos com resistência de 25 MPa, onde a composição de CAA recebeu adição de cinza volante. Os itens avaliados foram composição, mistura, transporte, aplicação de desmoldante, adensamento, acabamento e reparos. Ao final, Tutikian constatou o custo do m<sup>3</sup> do CAA 3% inferior ao do CC, sem contar as vantagens não quantificadas tais como: redução do barulho de vibração, maior vida útil das formas, economia de energia elétrica, e ganho ambiental por conta da substituição parcial de cimento por cinza volante.

Apesar das vantagens acima apresentadas, Rich *et al.* (2010) apresentaram estudo sobre a aceitação do CAA entre os empresários da construção civil do Reino Unido e puderam verificar que as pesquisas até então desenvolvidas no meio acadêmico e científico ainda eram insuficientes para responder a questões do tipo, uma vez que estavam pouco direcionadas para estudar o papel do CAA nas construções, ficando mais restritas aos projetos de estudos específicos, contudo, sem oferecer preocupação maior na identificação de oferta de valores aos construtores. A aplicação do CAA deveria responder a questões do tipo como, quando e onde incorporar CAA em um projeto abordando tomada de decisão, planejamento do processo e tempo de construção. A estrutura organizacional da indústria da construção demanda estrutura de gestão, controle de projetos e planejamento da construção. Todos esses aspectos podem influenciar o uso do CAA perante os construtores. Na maior parte dos processos decisórios, CAA é considerado apenas como um novo material e não como um novo método de execução. Dessa forma, o CAA não incentiva os empreiteiros a considerar os efeitos e benefícios mais amplos que podem ser obtidos para o empreendimento, seja nos aspectos técnicos, seja nos aspectos financeiros.

## **2. Estudos desenvolvidos**

Procurou-se avaliar e comparar os custos unitários do CAA e CC, de composições similares, para emprego em obras de concreto. Os estudos a seguir apresentados levaram em consideração as composições de CAA e CC, representativas de composições aplicadas na região do Recife, com mesmo fck e igual a 40 MPa e mesma relação água/ligante de 0,45 (CAA-Lab e CC-Lab), na pesquisa em laboratório. Também se buscou estudar o custo de uma composição de CAA e outra de CC (CAA-Obra e CC-Obra) aplicadas num caso real de obra, a Arena Pernambuco, construída entre os anos de 2011 e 2013, com mesmo fck e igual a 40 MPa e mesma relação água/ligante de 0,40.

O comparativo de custos entre composições de CAA e CC usualmente levam em consideração o custo direto dos materiais. Sabe-se que o emprego dos aditivos químicos de última geração, os superplastificantes, associado ao maior volume de finos, provoca aumento de custo do m<sup>3</sup> do CAA em relação ao CC. No entanto, para o empreendimento, o custo do concreto não pode levar em consideração apenas a produção do material, é preciso somar a ele o custo de fabricação, transporte, lançamento e adensamento nas formas. Dessa forma, a metodologia de estudo adotada considerou três grandes itens de custo que, somados, permite obtenção do custo do m<sup>3</sup> do concreto fabricado, manuseado e posto na estrutura em condições de entrar em serviço conforme projeto estrutural.

Os itens propostos foram: materiais, fabricação e aplicação. O custo dos materiais aplicados leva em consideração as quantidades de todos os constituintes aplicados em cada uma das composições. O custo de fabricação considera o manuseio dos insumos estocados no pátio da usina de fabricação, a operação da central dosadora, o transporte do concreto entre a usina de fabricação e o canteiro da obra, bem como toda a mão de obra envolvida nas operações relacionadas. O custo de aplicação abrange a mão de obra para realização das operações de lançamento e adensamento do concreto nas formas, considerando-se ainda a produtividade de lançamento do CAA frente ao CC, deixando-o em repouso e em condições de início do processo de cura e endurecimento.

A Tabela 1 apresenta as composições de CAA e CC utilizadas nos estudos em laboratório e no canteiro da obra da Arena Pernambuco.

Tabela 1: Composições de CAA-Lab, CC-Lab, CAA-Obra e CC-Obra.

Componentes	Unidade	Consumo			
		CAA-Lab	CC-Lab	CAA-Obra	CC-Obra
Cimento	kg	419 <sup>(1)</sup>	416 <sup>(1)</sup>	499 <sup>(2)</sup>	451 <sup>(2)</sup>
Adição Metacaulim	kg	36	36	0	0
Areia	kg	947	661	856	815
Brita 1: 12,5 mm	kg	227	0	0	0
Brita 2: 19,1 mm	kg	529	1028	830	917
Água	kg	205	203	199	180
Superplastificante	kg	5	0	4,5	1,81
Plastificante	kg	4,2	2,6	3,0	2,71
Relação (água/ligante)		0,45	0,45	0,40	0,40
Relação (cimento/fino)		0,92	0,92	1,0	1,0

<sup>(1)</sup> Cimento CP-V ARI, equivalente ao cimento europeu CEM I 42,5

<sup>(2)</sup> Cimento CP-II F 32, equivalente ao cimento europeu CEM II/A-L

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1. Aplicação em laboratório

A Tabela 2 detalha a obtenção do custo para fabricação de CAA e CC. Esse custo é o mesmo para os dois concretos uma vez que as etapas de trabalho para fabricação do m<sup>3</sup> de concreto e seu transporte desde a central dosadora até o canteiro da obra, são similares para os dois tipos de concreto, CAA e CC.

Os equipamentos considerados foram uma central dosadora de 60 m<sup>3</sup> de capacidade, seis caminhões betoneira de 8 m<sup>3</sup> de capacidade, um caminhão bomba com lança de 50 m e capacidade de lançar 60 m<sup>3</sup>/h, além de uma carregadeira frontal de 100 HP.

A equipe de mão de obra mobilizada foi considerada de um encarregado de setor, três operadores, três serventes e seis motoristas, com capacidade de produção de 30 m<sup>3</sup> de concreto por hora.

O custo apropriado levou em consideração a produtividade média dos equipamentos e mão de obra.

Tabela 2: Custo dos equipamentos e mão de obra para fabricação de 30 m<sup>3</sup> de CAA e CC.

Composição de custo – Equipamentos (R\$ 1,00)						
				Custo (R\$ 1,00)		Total
Equipamentos	Quant.	Prod	Impr	Prod.	Impr.	R\$ 1,00
Central dosadora de concreto (60m <sup>3</sup> )	1	1,00	0,00	103,38	73,38	134,23
Caminhão betoneira 2423 (8m <sup>3</sup> )	6	0,92	0,08	72,03	35,03	537,14
Caminhão bomba 60m <sup>3</sup> /h lança 50m	1	1,00	0,00	166,62	103,92	216,34
Carregadeira frontal 100HP CAT924	1	0,25	0,75	93,98	51,98	81,12
Total dos equipamentos						968,83
Composição de custo – Mão de obra (R\$ 1,00)						
Mão de obra			Quant	P. Unit.	Unid.	Total
Encarregado de setor			1	22,94	h	29,79
Operador			3	16,35	h	63,67
Servente			3	9,76	h	38,00
Motorista			6	12,00	h	93,46
Total mão de obra						224,92
Composição de custo - total dos equipamentos + mão de obra						1.193,75
Custo de equipamentos + mão de obra por m <sup>3</sup> de concreto para CAA e CC						R\$ 39,79

A Tabela 3 detalha a obtenção do custo dos materiais para CAA. Esse custo toma por base a composição do CAA-Lab conforme apresentado na Tabela 1.

A Tabela 4 detalha a obtenção do custo para aplicação de CAA. Esse custo leva em consideração a mão de obra para atendimento às etapas de lançamento e adensamento do concreto nas formas.

A equipe de mão de obra mobilizada foi considerada de um encarregado de setor, um pedreiro, dois serventes e um eletricista, com capacidade de produção de 3,5 m<sup>3</sup> de concreto.

Tabela 3: Composição de custo dos materiais para CAA.

Composição de custo – Materiais (R\$ 1,00)				
Materiais	Unid.	Quant.	P. Unit.	Total
Cimento CP V ARI	kg	419,00	0,43	180,17
Adição Metacaulim	kg	36,00	1,10	39,60
Areia 2,36 mm	ton	0,947	32,46	30,74
Brita 1: 12,50 mm	ton	0,227	56,68	12,87
Brita: 2 19,10 mm	ton	0,529	56,68	29,98
Água	m <sup>3</sup>	0,205	6,75	1,38
Aditivo 1: Plastificante	kg	4,192	2,52	10,56
Aditivo 2: Superplastificante	kg	5,012	8,86	44,41
Custo de materiais por m <sup>3</sup> de CAA			R\$ 349,71	

Tabela 4: Composição de custo de aplicação para CAA.

Composição de custo – Aplicação (R\$ 1,00)				
Mão de obra	Unid.	Quant.	P. Unit.	Total
Encarregado de setor	h	1	29,79	29,79
Pedreiro	h	1	15,58	15,58
Servente	h	2	12,67	25,34
Eletricista	h	1	15,58	15,58
Total da mão de obra com produção da equipe igual a 3,5 m <sup>3</sup> por hora				R\$ 86,29
Custo de aplicação por m <sup>3</sup> de CAA			R\$ 24,65	

A Tabela 5 detalha a obtenção do custo dos materiais para CC. Esse custo toma por base a composição do CC-Lab conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 5: Composição de custo dos materiais para CC.

Composição de custo – Materiais (R\$ 1,00)				
Materiais	Unid.	Quant.	P. Unit.	Total
Cimento CP V ARI	kg	416,00	0,43	178,88
Adição Metacaulim	kg	36,00	1,10	39,60
Areia 2,36 mm	ton	0,661	32,46	21,46
Brita: 19,10 mm	ton	1,028	56,68	58,27
Água	m <sup>3</sup>	0,203	6,75	1,37
Aditivo: Plastificante	kg	2,599	2,52	6,55
Custo de materiais por m <sup>3</sup> de CC			R\$ 306,13	

A Tabela 6 detalha a obtenção do custo para aplicação de CC. Esse custo leva em consideração a mão de obra para atendimento às etapas de lançamento e adensamento do concreto nas formas.

A equipe de mão de obra mobilizada foi considerada de um encarregado de setor, um pedreiro, cinco serventes e um eletricista, com capacidade de produção de 2,63 m<sup>3</sup> de concreto por hora.

Tabela 6: Composição de custo de aplicação para CC.

Composição de custo – Aplicação (R\$ 1,00)						
				Custo		Total
Equipamentos	Quant.	Prod.	Impr.	Prod.	Impr.	
Vibrador de imersão (elet.)	3	1,00	0,00	5,00	2,00	19,48
Mão de obra			Unid.	Quant.	P. Unit.	Total
Encarregado de setor			h	1	29,79	29,79
Pedreiro			h	1	15,58	15,58
Servente			h	5	12,67	63,35
Eletricista			h	1	15,58	15,58
Total da mão de obra						124,30
Total mão de obra e equipamentos com produção igual a 2,63 m <sup>3</sup> por hora						R\$ 143,78
Custo de aplicação por m <sup>3</sup> de CC					R\$ 54,67	

Apresenta-se a seguir a Tabela 7 contendo resumo dos custos de equipamentos e mão de obra (fabricação), materiais aplicados e lançamento e adensamento (aplicação) para CAA e CC, com base nas composições estudadas CAA-Lab e CC-Lab na presente pesquisa. Os valores referem-se ao custo por m<sup>3</sup> de concreto.

Dessa forma encontra-se o custo do m<sup>3</sup> do CAA e CC levando em conta os custos diretos das etapas de fabricação, e aplicação (lançamento e adensamento), o que torna mais real o comparativo econômico entre os dois concretos.

Tabela 7 – Resumo da composição de custo do CAA e CC.

ITEM	CAA-Lab			CC-Lab		
	Real	Euro <sup>(1)</sup>	%	Real	Euro <sup>(1)</sup>	%
Fabricação (equip. e mão de obra)	39,79	10,63	10	39,79	10,63	10
Materiais aplicados	349,71	93,43	84	306,13	81,79	76
Aplicação (Lançamento e adensamento)	24,65	6,59	6	54,67	14,61	14
Total	414,15	110,65	100	400,59	107,03	100

<sup>(1)</sup> € 1,00 = R\$ 3,7429 em 31.07.2015. Fonte: Site de conversão de moedas do Banco Central do Brasil.

A Figura 1 apresenta em forma de gráfico a composição dos custos de CAA-Lab e CC-Lab, em Euro, conforme a Tabela 7, considerando-se os três itens calculados: fabricação (equipamentos e mão de obra); materiais aplicados; e aplicação (lançamento e adensamento). A Figura 2 apresenta em forma de gráfico a composição dos custos de CAA-Lab e CC-Lab, em Euro, conforme a Tabela 7, considerando-se apenas o item calculado dos materiais aplicados. Para efeito de visualização gráfica é indiferente os valores serem apresentados em Real ou Euro, uma vez que o fator de conversão é o mesmo para todos os itens da Tabela 7.

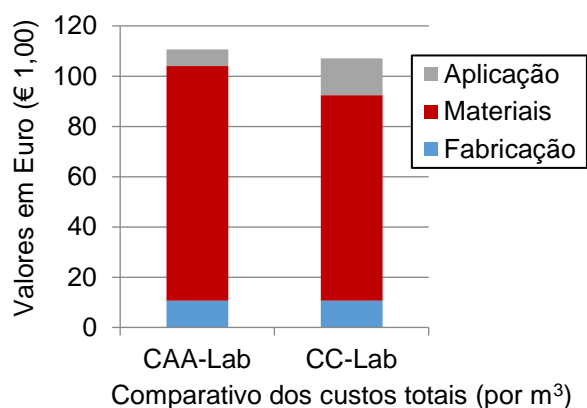


Figura 1: Gráfico comparativo dos custos totais.

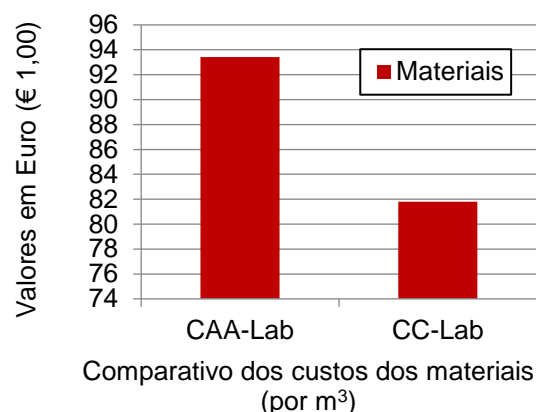


Figura 2: Gráfico comparativo dos materiais.

Site de conversão de moedas do Banco Central do Brasil. Valores em Euro para o dia 31.07.2015.

Verifica-se que alguns estudos comparativos de custos tratam mais especificamente, na maioria das vezes, apenas dos materiais aplicados nas composições. No entanto, para que se obtenha comparativo mais real, é necessário levar em consideração a etapa inicial da fabricação com emprego de equipamentos e mão de obra, assim como a etapa do lançamento e adensamento nas formas. Dessa forma, as Figuras 1 e 2 permitem melhor visualização gráfica da menor diferença de custo entre o CAA e CC quando se considera o conjunto dos três principais itens de custo frente apenas ao custo dos materiais aplicados.

Conforme verificado na Tabela 7, o custo por m³ de concreto, levando-se em consideração apenas equipamentos e mão de obra para fabricação, seria igual para CAA e CC e teria mesmo percentual de 10% do preço total para cada um dos dois concretos. No entanto, levando-se em consideração apenas os materiais aplicados, o custo do CAA seria 14,2% mais caro que o CC, em um item que tem peso de 84% em relação ao custo total do CAA e 76% em relação ao custo total do CC. Ao considerar apenas os custos de aplicação, lançamento e adensamento, o CC apresentou custo unitário 122% superior ao CAA em um item que tem peso de 6% em relação ao custo total do CAA e 14% em relação ao CC.

Assim, reitera-se que para obter melhor análise de viabilidade econômica do CAA em comparação ao CC, foram levadas em consideração as três etapas principais para chegar-se ao produto final aplicado: materiais, fabricação e aplicação. Nas composições estudadas na pesquisa em laboratório, os resultados apontaram (ver Tabela 7) que o custo unitário do CAA igual a R\$ 414,15, aproximadamente € 110,65, foi de 3,4% superior ao do CC igual a R\$ 400,59, aproximadamente € 107,03. Dessa forma, os estudos indicaram que, sob o aspecto econômico, o CAA apresentou-se viável para utilização em lugar de CC.

### 3.2. Aplicação na Obra da Arena Pernambuco

Nos estudos aplicados na obra da Arena Pernambuco, considerou-se o comparativo de custos entre CAA e CC levando em consideração o item materiais, o que permitiu estabelecer referência com os resultados dos estudos aplicados em laboratório, bem como com as referências bibliográficas de outras pesquisas realizadas.

As composições estudadas foram CAA-Obra e CC-Obra, conforme apresentado (ver Tabela 1). Essas composições aplicaram o mesmo cimento CP-II F 32, mesma resistência  $f_{ck}$  de 40 MPa e mesma relação água/cimento de 0,40, porém, com condições de lançamento diferenciadas.

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação das quantidades dos constituintes para obtenção de um m<sup>3</sup> de concreto e do custo unitário de cada um dos materiais, em Euros.

Tabela 8: Custo comparativo das composições CAA-Obra e CC-Obra

Materiais	Preço unitário em (Euros/ton)	CAA-Obra		CC-Obra	
		Quant.	Preço (Euros)	Quant.	Preço (Euros)
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	114,88	499	57,32	451	51,81
Areia (kg/m <sup>3</sup> )	12,02	856	10,29	815	9,79
Brita (kg/m <sup>3</sup> )	14,69	830	12,19	917	13,47
Água (l/m <sup>3</sup> )	0,80	199	0,16	180	0,14
Aditivo plastificante (l/m <sup>3</sup> )	1.214,40	2,99	3,63	2,71	3,29
Aditivo superplastificante (l/m <sup>3</sup> )	3.179,30	4,49	14,27	1,80	5,72
		-	97,86	-	84,22

€ 1,00 = R\$ 3,7429 em 31.07.2015. Fonte: Site de conversão de moedas do Banco Central do Brasil.

A Figura 3 apresenta em forma de gráfico a composição dos custos de CAA-Obra e CC-Obra, em Euro, conforme a Tabela 8, considerando-se apenas o item calculado dos materiais aplicados.

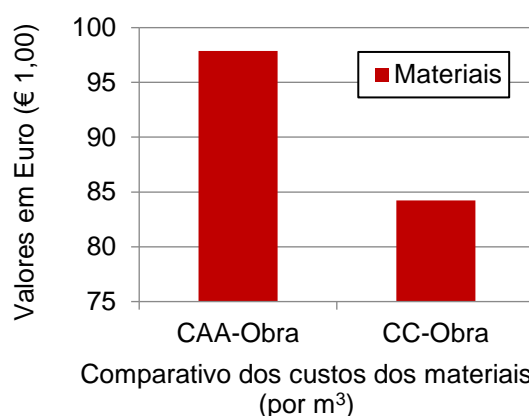


Figura 3: Gráfico comparativo dos materiais.

O aumento aproximado de 16,2% do custo unitário do CAA em relação ao CC conforme demonstrado, caracteriza-se principalmente pelo aumento do consumo de cimento e de aditivo superplastificante, necessários para obtenção da propriedade de auto adensabilidade do CAA, conforme usual nos canteiros de obras com emprego do CAA.

Nos estudos aplicados em laboratório (ver Seção 2.1), apesar de tratar-se de composições diferentes, o custo dos materiais para CAA foi de R\$ 349,71/m<sup>3</sup>, enquanto para o CC foi de R\$ 306,13/m<sup>3</sup>, portanto 14,2% superior para o CAA em relação ao CC. Pode-se afirmar que a diferença para materiais, obtida na obra da Arena Pernambuco, é da mesma ordem de grandeza daquela obtida nos estudos das composições em laboratório.



#### 4. Conclusões

Dal Molin *et al.* (2012) conseguiram realizar análise comparativa entre concretos com níveis de resistência iguais, porém dosados com métodos distintos. Para o CAA foram aplicados os métodos de dosagens de Okamura, Gomes e Tutikian/Dal Molin. Para o CC foi aplicado o método IPT/EPUSP de dosagem. Os valores em Real adotaram os preços praticados na cidade de Porto Alegre em dezembro de 2011. Assim fez-se a conversão para Euro com base no site de conversão de moedas do Banco Central do Brasil para a data referida.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos por Dal Molin *et al.* (2012) acrescidos dos resultados obtidos na análise em laboratório, composições CAA-Lab e CC-Lab, e na análise na obra da Arena Pernambuco, composições CAA-Obra e CC-Obra.

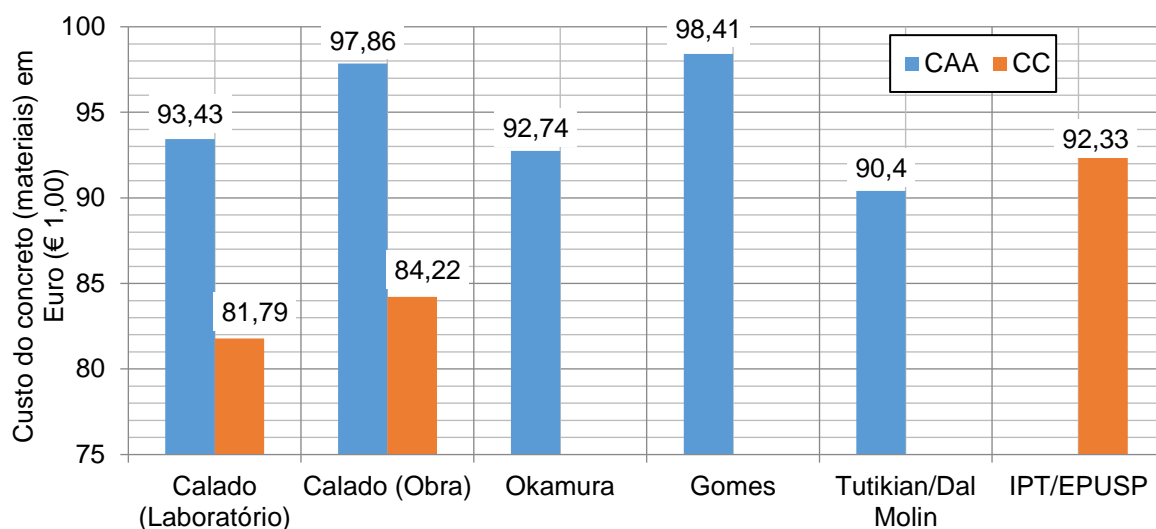


Figura 4: comparativo dos custos dos *materiais* da pesquisa e referências bibliográficas

Considerando o conjunto, custo de fabricação e transporte; materiais constituintes da composição; e lançamento, adensamento e acabamento, verificou-se similaridade entre os custos do CAA e CC. Maior custo do CAA para os materiais isoladamente. Menor custo do CAA para lançamento, adensamento e acabamento. Assim, fica demonstrada a viabilidade econômica para aplicação de CAA em lugar de CC.

Ainda, outras variáveis podem ser levadas em consideração além do custo unitário, para demonstrar a viabilidade técnica e econômica de utilização de CAA em lugar de CC, a exemplo de: (i) diminuição do tempo de execução devido à simplificação no processo de lançamento e adensamento, com melhoria na moldagem das peças; (ii) otimização dos processos de acabamento do concreto aparente e melhoria nas condições de segurança do trabalho com otimização da mão de obra; (iii) a utilização de CAA facilita e viabiliza o lançamento do concreto em estruturas com formas irregulares e com armação densa, de difícil passagem para o CC e para as agulhas dos vibradores, evitando problemas no adensamento e descontinuidade e/ou segregação do concreto, diminuindo desta forma os custos com acabamento.

## 5. Referências

- CALADO, C., CAMÕES, A., MONTEIRO, E., HELENE, P., BARKOKÉBAS, B. (2015), *Durability Indicators Comparison for SCC and CC in Tropical Coastal Environments. Materials MDPI, (ISI) 8 1428-1450, ISSN 1996-1944, published: 26 March.*
- DE SCHUTTER, G. (2013), *Towards the Concrete Factory of the Future with SCC. SCC Chicago, Illinois, USA, May 12-15.*
- CALADO, C., CAMÕES, A., ANDRADE, T., SANTOS, D., CARVALHO, J. (2013), *Arena Pernambuco: Comparação do Desempenho de Betão Autocompactável e Betão Convencional em Climas Quentes. Revista Betão N° 31, Novembro, APEB-Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto, Portugal, páginas 08-18.*
- TORGAL, F.P., JALALI, S. (2010), *Considerações sobre o impulso dos BAC's no dimensionamento de cofragens verticais. 2º Congresso Ibérico Betão Auto-Compactável, 1 e 2 de Julho, Guimarães, Portugal.*
- KHAYAT, K.H., OMRAN, A.F. (2011), *Field validation of SCC formwork pressure prediction models. Concrete International, June 2011, Pg. 33 to 39.*
- SILVA, P., BRITO, J. (2010), *A pressão exercida pelo betão auto-compactável (BAC) nas cofragens. 2º Congresso Ibérico Betão Auto-Compactável, 1 e 2 de Julho, Guimarães, Portugal.*
- KAWASHIMA, S., CHAOUICHE, M., CORR, D.J., SHAH, S.P. (2013), *Adhesive properties of nanoclay-modified cementitious materials, Fifth North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, Chicago, Illinois, USA, May 12-15.*
- Mc CARTHY, R., SILFWERBRAND, J. (2010), *Comparison of Three Methods to Capture the Formwork Pressure When Using SCC – A Field Study. 6<sup>th</sup> International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete and the 4<sup>th</sup> North American Conference on the Design and Use of SCC, 26 to 29 September, Montreal, Canada, pp. 805 – 822.*
- DAL MOLIN, D.C.C., SENISSE, J.A.L., ZUCCHETTI, L., STOLZ, C.M. (2012), *Technical and economic analysis of self-compacting concrete bond with similar levels of compressive strength. I SILAMCAA, 54º IBRACON, Maceió.*
- TUTIKIAN, B.F. (2007), *Proposição de um Método de Dosagem Experimental para Concretos Auto-Adensáveis. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.*
- RICH, D., WILLIAMS, D., GLASS, J., GIBB, A., GOODIER, C. (2010), *To SCC or Not To SCC? UK Contractor's Views. 6<sup>th</sup> International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete and the 4<sup>th</sup> North American Conference on the Design and Use of SCC, 26 to 29 September, Montreal, Canada. (Pg. 669 – 676).*
- Site de conversão de moedas do Banco Central do Brasil. Informação obtida em <http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>, em 15/06/2016, com a conversão para o dia 31.07.2015.